

극저온 밸브용 위치지시기 설계 및 제작

고현석*[†] · 한상엽*

Design and Manufacture of Position Indicator for Cryogenic Valve

Hyeonseok Koh*[†] · Sang Yeop Han*

ABSTRACT

The position indicator for cryogenic valves used in space launch vehicle should have high reliability and accuracy. Because the valves operate in cryogenic environment, the position indicator has to measure the valve status independently of the environmental factor, such as moisture and external contamination. We have developed the position indicator using a permanent magnet and reed switches to satisfy these requirements. We analyzed the characteristics of a permanent magnet and reed switches, then selected the appropriate components for cryogenic temperature. The shape and position of components were also considered to measure the open/close information of valve accurately. Finally, the position indicator was applied to the valve prototype model, and verified the feasibility of design parameters.

초 록

우주발사체에 사용하는 극저온 밸브용 위치지시기는 높은 신뢰성과 정확성을 가져야 한다. 극저온 환경에 노출되는 만큼 습기나 외부오염 등 환경 요인에 영향을 받지 않고 밸브의 상태를 측정하여야 한다. 이러한 요구조건을 만족할 수 있도록 영구자석과 리드스위치를 활용한 위치지시기를 개발하였다. 영구자석과 리드스위치의 특성을 분석하고 극저온 환경에 적용할 수 있는 부품을 선정하였다. 그리고 밸브 개폐 정보를 정확하게 측정할 수 있도록 부품의 형상과 위치를 고려하였다. 최종적으로 밸브 시제품에 적용하여 시험을 통해 설계 변수의 타당성을 검증하였다.

Key Words: Launch Vehicle(발사체), Cryogenic Valve(극저온 밸브), Position Indicator(위치지시기), Reed Switch(리드스위치)

1. 서 론

* 한국항공우주연구원 발사체추진제어팀

† 교신저자, E-mail: hkoh@kari.re.kr

우주발사체에 사용되는 밸브는 지상 설비나

발사체 내 시스템에 의해서 원격으로 제어되므로 밸브의 개폐 상태를 정확하게 알려주는 지시기가 필요하다. 특히 극저온 밸브의 경우 광범위한 온도도와 압력 범위에서 정확한 상태를 표시할 수 있어야 하며, 습기나 외부오염 등 환경 요인에 영향을 받지 않도록 설계하여야 한다. Saturn 발사체 밸브에 사용된 마이크로 스위치의 경우에는 극저온 액체수소 환경에서 밸브의 개폐상태를 정확하게 표시할 수 없는 문제를 나타내었다[1, 2]. 스페이스 셔틀 발사 운용 중에도 액체수소 충전 배출 밸브의 위치지시기가 이상을 일으켜 운용이 중지되고 발사가 연기되는 일이 발생하기도 하였다[3].

극저온 환경에 노출되는 경우 기계적 방식보다 영구자석과 리드스위치를 활용하는 방식이 습기나 외부오염으로부터 영향을 적게 받아 높은 신뢰성과 정확성을 가질 수 있다. 극저온 밸브용 위치지시기 개발을 위해 영구자석과 리드스위치의 특성을 분석하고 극저온 환경에서 사용 가능한 부품을 선정하였다. 그리고 각 부품의 특성과 밸브의 작동 원리를 고려하여 부품의 배치 및 위치지시기의 형상을 설계하였다. 그리고 시제품을 제작하여 설계 변수의 타당성을 시험을 통해 검증하였다.

2. 본 론

위치지시기는 밸브의 정확한 작동 상태를 측정하여 정보를 전달해 주어야 한다. 따라서 밸브의 작동 방식과 연계되어야 하며 외부 환경의 영향을 받지 않고 독립적으로 운영될 수 있어야 한다. 또한 높은 신뢰성을 가지기 위해 다중화를 고려한 설계를 수행해야 한다.

기계적 방식의 위치지시기는 밸브가 작동할 때 부품 위치가 변하면서 상태를 표시하도록 한다. 하지만 극저온 환경에 노출되는 경우 부품이 약해지거나 파손될 우려가 있고 습기나 외부오염에 의해 부품의 끼임, 마모, 변형 등이 발생할 우려가 있다. 따라서 이러한 외부 환경요인과 독립적으로 운영할 수 있는 영구자석과 리드스위

치를 활용한 위치지시기를 설계하였다.

영구자석은 극저온 환경에 노출되는 관계로 광범위한 운용 온도에서 높은 성능을 발휘하는 Alnico 5 계열로 선정하였다. 리드스위치는 2개 이상의 SPDT(Single Pole Double Throw) 형으로 밸브의 개폐 시 상시적으로 전압신호를 확인할 수 있도록 하였다.

영구자석과 리드스위치의 배치는 밸브의 형상 및 작동 방식을 고려하여 특성에 따라 여러 형태의 배치를 고려할 수 있다. 시험 대상인 밸브 시제품의 경우 직경이 크고 밸브 작동거리가 비교적 짧은 점을 감안하여 위치지시기는 Fig. 1과 같이 병렬로 배치하여 제작하였다. 리드스위치는 계측시스템의 사용 전압과 자기장에 반응하는 감도를 고려하여 부품을 선택하였으며 성능 및 다중화를 고려하여 MDRR-DT 30-35 모델 2개를 적용하였다.

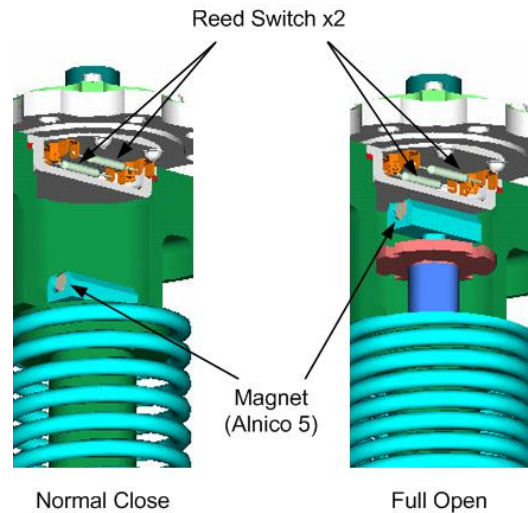


Fig. 1 Position Indicator Design

리드스위치는 영구자석의 운동에 따라 점점 위치가 바뀔 때 자계의 세기가 서로 다른 히스테리시스 특성을 가지고 있다. 따라서 자석이 접근하면서 리드가 붙을 때의 거리와 자석이 멀어지면서 리드가 떨어지는 거리가 차이를 보인다. 이러한 리드스위치의 특성은 밸브의 상태를 표시할 때 위치 오차로 나타나므로 밸브의 요구조

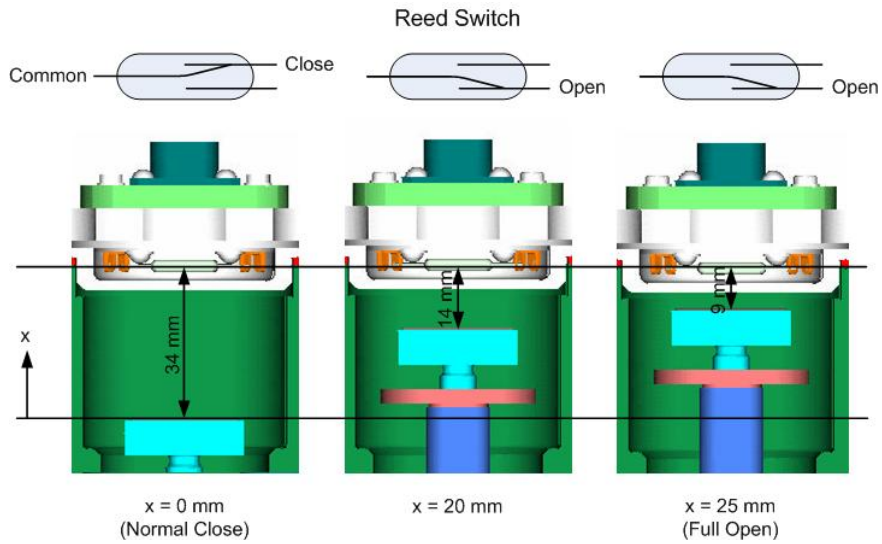


Fig. 2 Test Result of Position Indicator at Valve Opening Event

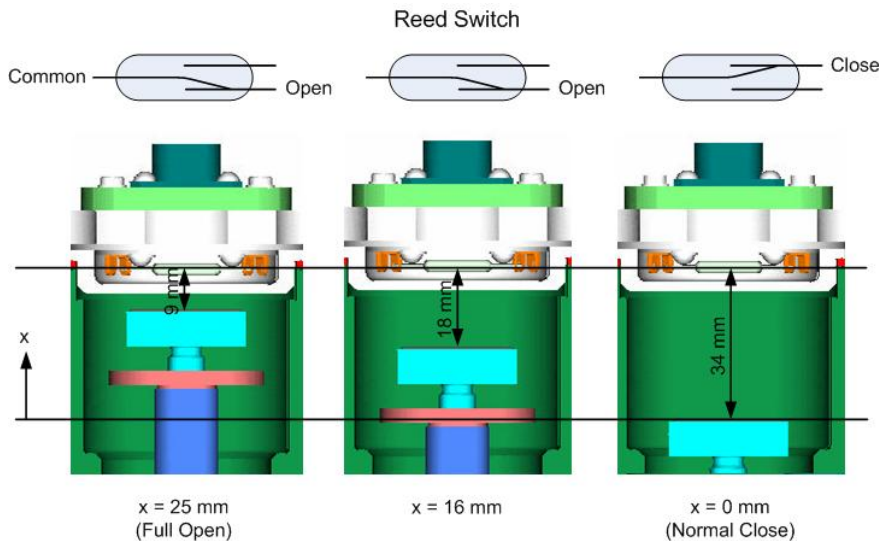


Fig. 3 Test Result of Position Indicator at Valve Closing Event

건에 맞게 적절한 초기 위치를 설정하여야 한다. 시험 대상인 밸브 시제품의 경우 개폐 시 스트로크가 25 mm이고 초기 닫힘 상태(Normal Close)와 완전히 열린 상태(Full Open)만을 정확히 표시하면 되고 0~25 mm 사이의 중간 상태를 표시할 필요가 없으므로 리드스위치의 작동이 밸브 스트로크 구간에서 적절히 이루어지도록 조절하였다. 밸브 작동 시험 시 영구자석과 리드

스위치의 반응 결과는 Fig. 2~3에 나타난 바와 같이 밸브가 열리면서 영구자석이 상승할 때에는 리드스위치와의 상대 거리가 14 mm일 때 접점 방향이 바뀌고, 밸브가 닫히면서 영구자석이 내려갈 때에는 18 mm일 때 접점 방향이 바뀌는 것을 확인하였다.

3. 결 론

극저온 환경에서 높은 신뢰성과 정확성을 가지도록 영구자석과 리드스위치의 특성을 활용한 밸브용 위치지시기를 설계하였다. 실제 밸브 시제품에 적용하여 작동 시험을 통해 설계 변수가 타당하게 설정되어 있는 것을 확인하였다. 향후 극저온 밸브 시험을 수행하여 실제 환경에서도 정확하게 밸브 상태를 표시할 수 있는 지를 검증해 볼 계획이다.

참 고 문 헌

1. Burmeister, L. C., Loser, J. B., and Sneegas, E. C., "Advanced Valve Technology, a Survey," NASA SP-5019, 1965,
 2. Blackman, J. B., "Design, Fabrication, Assembly, and Test of a Liquid Hydrogen Acquisition Subsystem," NASA CR-120447, 1974
 3. 고현석, "발사체용 추진제 탱크 벤트릴리프 밸브 기술 동향," 항공우주산업기술동향, 제9권, 제1호, 2011, pp.130-138
1. Burmeister, L. C., Loser, J. B., and Sneegas, E. C., "Advanced Valve Technology, a